

运行与管理

## 工业园区污水处理厂低负荷条件下A/O脱氮工艺的优化

原建光, 赵迎春

(康达环保水务有限公司, 河南 焦作 454000)

**摘要:** 某工业园区污水处理厂生物处理系统采用A/O工艺,其进水单一,工业废水碳源严重不足,总氮去除效果差。通过在生产运行中不断探索,调整运行模式,投加葡萄糖作为碳源,调整内回流比,确保缺氧区的DO在0.5 mg/L以下。采取以上强化措施后,出水总氮稳定达标,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

**关键词:** 污水处理厂; 低负荷; A/O; 脱氮; 碳源; 工艺优化

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0136-03

### Optimization Operation of Nitrogen Removal Process A/O under Low Pollutant Load Condition in an Industrial Park Wastewater Treatment Plant

YUAN Jian-guang, ZHAO Ying-chun

(Kangda Environmental Protection Water Co. Ltd., Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** The biological treatment process of an industrial park wastewater treatment plant was A/O process. The influent of the plant was composed by one kind of wastewater. Since the insufficient organic carbon source in the raw wastewater led to the poor performance of total nitrogen removal. Through continuous exploration in operation, some methods were taken as follows: adding glucose as the carbon source, adjusting the internal reflux ratio and controlling the anoxic zone DO below 0.5 mg/L by adjusting the operation mode. After the enhance treatment method was applied, the total nitrogen of effluent was stable and reached the first level class A criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002) together with other indexes in the effluent.

**Key words:** wastewater treatment plant; low pollutant load; A/O; nitrogen removal; organic carbon source; process optimization

随着国家环保标准的提高,以及水体富营养化程度的加剧,环保部门对污水处理厂的出水总氮指标考核更加频繁和严格,如何确保总氮稳定达标成为污水处理厂运行的一个难题。生物脱氮应用广泛,目前污水处理厂多数脱氮效果不佳的主要原因是有机碳源不足<sup>[1,2]</sup>。以某工业园区污水处理厂为例,按现有工艺运行条件,针对碳源严重不足问题提出了相应的解决办法,使得生物脱氮效果明显提高,保证了该厂出水总氮稳定达标。

#### 1 概况

该工业园区污水处理厂设计规模为 $5.0 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,2009年12月一期工程投入运行。一期工程规模为 $2.5 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,主要收集生物制药、电厂和机械制造等各企业的工业废水和少量的生活污水,服务面积约15 km<sup>2</sup>。该厂采用以水解(酸化)+改良A/A/O+加药絮凝为主体的处理工艺,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。2015年提标扩建工程

完成,污水处理总规模达到  $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 提标扩建后采用以水解(酸化)沉淀池 + A/O 曝气池 + 高效沉淀池 + 精密过滤 + 两级臭氧催化氧化 EM(电磁反应)为主体的处理工艺,出水水质执行一级 A 标准。

表 1 污水处理厂进水水质

Tab. 1 Influent quality of sewage treatment plant

项 目	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	pH 值
设计水质	300	150 ~ 200	300	35	45	4.0	6.5 ~ 8.5
实际水质	280	20	210	30	60	4.0	6.5 ~ 8.5

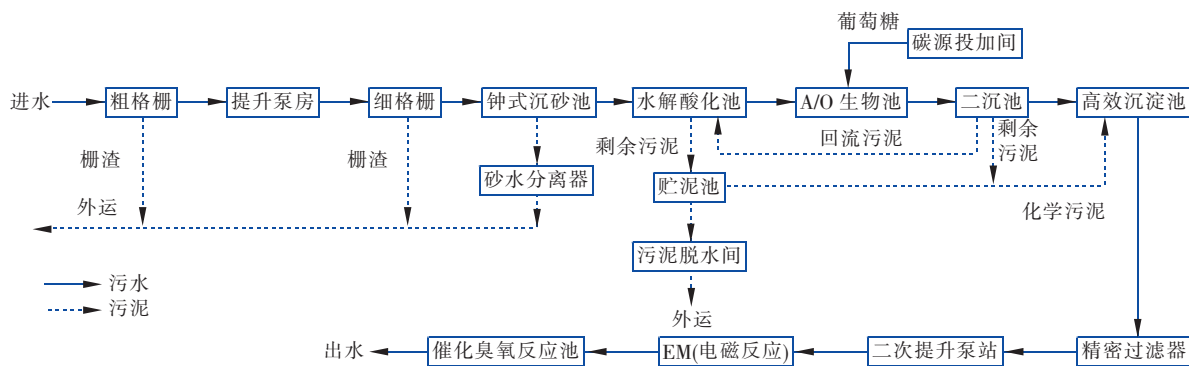


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

### 1.2 主要构筑物及设计参数

① 水解酸化池。共 2 座,单座直径为 32.0 m,  $H=6.3$  m, 钢筋混凝土结构,停留时间为 3.8 h, 污泥浓度为 6~8 g/L。

② A/O 生物池。共 2 座,每座分 2 格,单池平面尺寸为  $56.1\text{ m} \times 32.5\text{ m}$ ,  $H=6.8\text{ m}$ ,钢筋混凝土结构。生物池内分为生物缺氧区、好氧区,总容积为  $12\,400\text{ m}^3$ ,其中缺氧区为  $4\,200\text{ m}^3$ ,好氧区为  $8\,200\text{ m}^3$ 。总水力停留时间约  $11.9\text{ h}$ ,其中缺氧区为  $4.03\text{ h}$ ,好氧区为  $7.87\text{ h}$ 。缺氧区采用搅拌器混合,好氧区采用微孔曝气盘充氧。

设计运行参数:污泥浓度为 4 g/L,污泥负荷为 0.13 kgBOD<sub>5</sub>/(kgVSS · d),泥龄为 20 d,需氧率为 2.1 kgO<sub>2</sub>/kgBOD<sub>5</sub>,气水比为 5.25 : 1,污泥回流比为 100%,内回流比为 300%。

③ 二沉池。共 4 座,单座直径为 30 m,  $H = 4.4$  m,外回流比为 100%,设计表面负荷为  $1.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,沉淀时间为 2.0 h。

④ 催化臭氧反应池。1座,长为41 m,宽为34.1 m,有效水深为8 m,停留时间为120 min,设计

### 1.1 进水水质及工艺流程

该污水处理厂自运行以来,进水  $BOD_5$  与设计值相差较大,而进水 COD 与设计值相近,  $B/C \approx 0.1$ , 低于 0.3, 可生化性很差, 具体见表 1。工艺流程见图 1。

臭氧最大投加量为 38 mg/L。

## 2 运行中存在的问题及解决办法

## 2.1 运行中存在的问题

该污水处理厂运行过程中进水水质相对稳定,出水总氮无法达标。监测数据显示,进水 COD 浓度在 100 ~ 150 mg/L, BOD<sub>5</sub> 约 20 mg/L, 而进水 TN 浓度平均在 45 mg/L (其中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N 为 20 mg/L), 进水 C/N 值不足 1, 属于严重缺少碳源; 因进水负荷低, DO 难于控制, 缺氧区 DO 高, 脱氮没有缺氧条件, 对出水 TN 的达标排放造成了极大困难, 对总氮几乎没有去除效果。为了实现出水 TN 稳定达标, 必须采取外加大量碳源、改善缺氧环境等措施强化脱氮效果。

## 2.2 解决办法

① 合理控制 DO 在 0.5 mg/L 以下

目前内回流比为 300%,外回流比为 100%,缺氧区 DO 达到 1.2 mg/L。经分析,因进水 COD、氨氮值远远低于设计值,耗氧速率慢,曝气池出水 DO 高达 5.2 mg/L,回流液携带到缺氧区的 DO 多,导致缺氧区 DO 高。为确保缺氧区的脱氮效果,保证缺

氧区 DO 在 0.5 mg/L 以下,合理调整工艺参数,降低外回流比至 50%,内回流比为 200%,曝气池连续曝气改为间歇曝气,风机开 3 h 停 1 h,污泥浓度由 3 500 mg/L 调整为 5 500 mg/L,污泥龄控制在 18 d 左右。通过一系列工艺调整,缺氧区的 DO 稳定在 0.3 mg/L 左右。

## ② 选择合适、经济的外加碳源

反硝化碳源添加量:去除 1 kg 总氮消耗 2.86 kgCOD。目前脱氮使用的外部碳源主要有甲醇、乙酸钠和葡萄糖等。

常用碳源当量:碳源当量 1 kg 葡萄糖,相当于 1.1 kgCOD;碳源当量 1 kg 甲醇,相当于 1.5 kgCOD;碳源当量 1 kg 乙酸钠,相当于 0.58 kgCOD。在选择碳源时必须综合考虑经济、安全、便利程度等因素。在上述三种碳源中,甲醇最经济,但属于易燃、易爆的危险化学药品,因该厂安全措施不到位,没有经过安全消防专项验收,不适于选择甲醇作碳源;投加乙酸钠也比较有效,但相同质量乙酸钠和葡萄糖的 COD 值相差较大,通过性价比分析可知,葡萄糖更为经济。综合考虑,暂定投加葡萄糖。

## 3 生产运行与经济分析

### 3.1 运行效果

以 2016 年 1 月—6 月的生产运行数据为例,进水水质和水量较为稳定,进水总氮为 40 mg/L,为确保出水总氮指标稳定达标,内控指标为 14 mg/L,需要去除总氮 26 mg/L,水量按  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  计,共计需除去总氮 1 300 kg,理论需要 3 718 kgCOD,低温下(试验温度为 15℃左右)实际投加的外加碳源量要比理论上投加碳源量高 40%。满足反硝化脱氮需外加 5 205.2 kgCOD,葡萄糖投加量约 4 732 kg/d。故确定最低  $C/N=4$  来满足脱氮对碳源的基本要求。

为确保出水总氮浓度达标,将葡萄糖配制成 15% 的溶液,并且每天在生物池进水口通过计量泵投加葡萄糖溶液。根据目前的运行状况,每天投加葡萄糖 5 t 的情况下,该污水处理厂出水 TN 浓度均能稳定达标。

### 3.2 经济分析

对 2016 年上半年每月投加碳源情况进行经济分析。2016 年上半年(182 d)共投加葡萄糖约 910

t,按 3 000 元/t 计,总费用为 273 万元;2016 年上半年处理水量为  $910 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,污水处理脱氮单位成本增加了约 0.3 元/ $\text{m}^3$ 。高额的脱氮费用造成了该厂运行成本压力很大,为了降低运行成本,除了通过不断总结经验、积极优化工艺运行参数外,该厂一直都在积极寻求各种可用的营养物质作为葡萄糖的替代物,并在进行消防安全评估和安全应急预评价时由葡萄糖改为甲醇,这样,甲醇的 COD 当量值高,价格是葡萄糖价格的一半,单位成本降低了约 0.2 元/ $\text{m}^3$ 。因碳源投加大,必须在安全、消防措施到位的前提下使用甲醇。

## 4 结论

① 该污水处理厂在运行过程中为确保出水总氮浓度达标,调整了运行模式,并投加葡萄糖作为碳源。运行结果表明,通过工艺优化、强化脱氮措施有效保证了出水 TN 浓度稳定达标。

② 改善厂区安全条件,将外加碳源葡萄糖更换为甲醇,使脱氮费用大幅度降低。对于使用碳源多、连续投加的水厂,建议在完善安全措施的前提下使用优质碳源甲醇。

## 参考文献:

- [1] 刘超,汪喜生,陈传运,等. 低负荷 A/O 工艺城镇污水处理厂的运行模式探讨[J]. 中国给水排水,2009,25(24):91-94.
- [2] 李朝阳,李辰. 污水处理厂低碳源条件下的强化脱氮措施[J]. 中国给水排水,2013,29(17):67-69.



作者简介:原建光(1969—),男,河南卫辉人,本科学历,高级工程师,主要从事污水处理厂的生产运营和技术管理工作。

E-mail:y-jianguang@163.com

收稿日期:2016-12-23